

GÉOPATRIMOINE ET RÉSILIENCE.

**ÉTUDES DE CAS SÉLECTIONNÉES DES ZONES
VOLCANIQUE DE GÉOPATRIMOINE AVEC DIFFÉRENTS
ENVIRONNEMENTS GÉOGRAPHIQUES ET DIFFÉRENTS
NIVEAUX DE PROTECTION**

Livret de résumé du thèse

VIKTOR VEREB

doctorant en co-tutelle

Université Eötvös Loránd - École Doctorale des Géosciences

Université Clermont Auvergne – École Doctorale des Sciences
Fondamentales

Directeurs de thèse:

DR. DÁVID KARÁTSON (ELTE – TTK - FFI)

DR. BENJAMIN VAN WYK DE VRIES (UCA - LMV)



2020



I Contexte de la thèse

Le géopatrimoine - en tant qu'une jeune domaine des géosciences et des études du patrimoine - traite des éléments abiotiques du patrimoine naturel, de leur protection par la géoconservation, et de leur interprétation par la géoéducation et le géotourisme (comme une forme d'écotourisme). Les éléments du géopatrimoine sont souvent en connection avec le domaine de la réduction des risques de catastrophes (RRC). Ils peuvent être des éléments dangereux, menaçant des éléments exposés de la société tels que les communautés ou l'infrastructure. Mais ce sont aussi des éléments vulnérables, menacés par la modification ou la destruction par des processus naturels (souvent liés à l'élément correspondant du géopatrimoine, le géosite lui-même), ou par l'influence anthropique, comme l'urbanisation ou le tourisme sur les géosites. Outre l'aspect des risques et de la vulnérabilité, le géopatrimoine peut être considéré comme un élément intégral de la résilience, la capacité des systèmes à résister et à s'adapter aux risques, et à se remettre de leurs effets. Les initiatives de conservation des géosites à réduire l'auto-vulnérabilité ou la vulnérabilité des éléments exposés des systèmes concernés, et le potentiel d'interprétation des géosites pour améliorer la connaissance des géorisques par les communautés sont deux exemples qui illustrent ce lien entre le géopatrimoine et la résilience.

Les inventaires du géopatrimoine, l'enregistrement de l'existence, l'état et du potentiel de ses éléments essentiels - les géosites - est une étape fondamentale pour leur conservation et

les phases ultérieures de leur 'développement' dans le cadre du géoéducation ou du géotourisme. L'évaluation quantitative des géosites par des indicateurs sélectionnés, tels que les valeurs scientifiques ou touristiques, aide les géoscientifiques et les autorités à évaluer l'état actuel et la valeur des sites, et peut servir comme une source d'information pour la gestion effective des sites. Un grand nombre de méthodes d'évaluation quantitatives (et qualitatives, c'est-à-dire uniquement des descriptions textuelles) sont utilisées globalement, et elles ne sont pas encore uniformisées. Les indicateurs, par exemple la représentation des risques et de la résilience, varient considérablement entre les méthodes, en fonction de la structure de la fiche d'inventaire et de l'évaluation.

Les zones volcaniques actives et non actives sont présentes sur toute la Terre. Ils constituent des ressources importantes et, en même temps, des risques potentiels pour la société. Ils représentent l'un des éléments les plus importants et plus spectaculaires de la géodiversité mondiale. Cette importance se reflète déjà dans le cadre de géopatrimoine, plusieurs sites sont protégés et interprétés par des géoparcs, de sites du patrimoine mondial ou de désignations nationales, tandis que d'autres sont seulement partiellement ou pas examinés et gérés du point de vue du géopatrimoine.

II Objectifs de la recherche

1. L'objectif général de cette thèse est **d'examiner le géopatrimoine de certaines zones volcaniques avec un aspect de résilience sur les risques naturels**. Trois étude de

cas ont été sélectionnées avec des environnements géologiques similaires de volcanisme de rifting continental , mais un contexte géographique et socio-économique différent, qui affecte fortement les pratiques et les perspectives actuelles et ultérieurs de la géoconservation, de la géoéducation et du géotourisme, également en ce qui concerne la résilience aux risques naturels.

2. Avec un bref résumé du contexte et des termes essentiels du géopatrimoine et de la réduction des risques de catastrophe (RRC), la thèse vise à **établir** les liens essentiels entre les deux domaines, **le premier, initial concept de géopatrimoine et de résilience** dans le *chapitre* d'introduction (I).

3. La première étude (*chapitre II*), la ***Chaîne des Puys - Faille de Limagne*** en France, qui a été inscrite sur la liste du patrimoine mondial en 2018, est un exemple exceptionnel de rifting continental, avec des volcans monogéniques bien préservés, témoignage des processus d'inversion des reliefs et de failles. La zone était couverte à petite échelle dans l'inventaire national du patrimoine géologique (INPG), mais l'inclusion de cette inventaire dans les décisions quotidiennes a été limitée jusqu'à présent, ainsi que la couverture de l'inventaire, en raison de l'échelle nationale. Par conséquent, l'objectif de cette étude est de **créer un inventaire de géosites à fine échelle pour le bien du patrimoine mondial**, accompagné d'une évaluation quantitative et comparative des géosites, en utilisant le processus national et une méthode utilisée au niveau international, avec un accent particulier sur le géotourisme.

4. La deuxième zone (*chapitre III*), la ville de **Clermont-Ferrand**, est directement rattachée à la première, avec un cadre géologique commun, mais un contexte géographique différent en raison d'urbanisation intense. Ici, l'objectif est d'enregistrer tous les affleurements géologiques, les reliefs et les particularités géologiques de la zone urbaine dans **un inventaire spécial de géopatrimoine urbain**.

5. **Dallol** en Éthiopie, la troisième étude de cas (*chapitre IV*), est très différente avec des processus complexes de (proto)volcanisme, hydrothermalisme et karst d'évaporites, un environnement géographique extrême et des défis socio-économiques spéciales. Cette environnement dangereux avec des phénomènes hydrothermaux manque la surveillance in-situ jusqu'à présent, ses reliefs uniques manquent de toute protection officielle et une description et un plan du géopatrimoine est aussi absent. Cette étude vise à combler ces lacunes avec une **surveillance mensuelle par des images satellites** et en créant **un inventaire préliminaire des géosites**, accompagné avec une **évaluation comparative et quantitative** de trois méthodes.

6. Enfin, le dernier *chapitre* synthétique (*V*) - utilisant les résultats des trois études de cas et le concept initial de géopatrimoine et de résilience - discute les **perspectives des méthodes d'inventaire et d'évaluation**, et l'**intégration de l'approche de résilience dans le géopatrimoine**.

III Méthodes

Tout d'abord, chaque chapitre et étude de cas est basé sur une **analyse bibliographique** approfondie, notamment en termes d'articles, des rapports scientifiques, mais aussi des documents officiels concernant la protection et la gestion du géopatrimoine. Un bref résumé de ces sources est donné au début de chaque chapitre.

Les trois études de cas sont axées sur la **création de l'inventaire des géosites** dans les zones respectives et sur **l'évaluation comparative des géosites avec des méthodes quantitatives** ou semi-quantitatives. La sélection de ces méthodes a été basée sur l'objectif (géoconservation et/ou géotourisme principalement) et le contexte local (interopérabilité avec d'autres évaluations du pays concerné). Les indicateurs d'évaluation ne sont pas modifiés pour assurer la comparabilité des résultats avec des enquêtes similaires dans d'autres environnements/pays. Mais en outre, des remarques critiques sur la structure de chaque évaluation sont données lors de l'interprétation des résultats.

Les cinq méthodes utilisées sont les suivantes: DE WEVER ET AL. (2015) – *chapitres II et III*, REYNARD ET AL. (2016) et BRILHA (2016) – *chapitre IV*, VUJIČIĆ ET AL. (2011) – *chapitres II et IV*, et TOMIĆ & BOŽIĆ (2014) – *chapitre II*.

Chaque inventaire est une base de données spatiales avec des éléments ponctuels en raison de considérations d'échelle. L'enregistrement de l'inventaire a été réalisé avec ODK Collect, un logiciel du sondage open-source. L'évaluation comparative des

géosites a utilisé le même logiciel, et Google Forms également. Ensuite, les données spatiales ont été traitées dans QGIS 3.x, tandis que la gestion de la base de données et la visualisation des résultats ont été effectuées dans MS Excel. **L'étude expérimentale de *chapitre II* est basée sur les retours des visiteurs sur les indicateurs de l'évaluation des géosites,** qui a également été réalisée avec Google Forms.

Le *chapitre IV* sur ***Dallol*** comprend également une **surveillance mensuelle** et basique des phénomènes hydrothermaux, en utilisant des images satellites à haute résolution (3 m) de PlanetScope (spectre RGB du 4 bandes). La classification a été effectuée dans ENVI 5.0, le traitement des données et la création de cartes de risques déduits avec un modèle automatisé ont été réalisés dans QGIS 3.x.

IV Résultats - thèses

1. La thèse a établi le concept initial, le lien fondamental entre le **géopatrimoine et la réduction des risques de catastrophes** (RRC) sur la base d'études précédents. Ce concept inclut les suivants: I) les rôles de la géoconservation (identification, surveillance, conservation/stabilisation, gestion), II) les principaux domaines de la géoéducation (sites de catastrophes antérieures, géosites avec phénomènes géologiques actifs ou potentiellement actifs, moyens d'interprétation), et III) les aspects de géotourisme (les messages 'nota bene' des moyens d'interprétation sur les risques, et revenus pour améliorer la résilience des communautés).

2. En créant **l'inventaire spécifique des géosites du bien du patrimoine mondial de la *Chaîne des Puys - Faille de Limagne*** avec une évaluation comparative, un **outil de gestion** a été créé **pour les acteurs concernés**, où les géosites sont scientifiquement intégrales, mais comme des éléments plus facilement gérables et interprétables pour les utilisateurs. Cet inventaire a **identifié des lacunes importantes** de l'inventaire national dans le bien. Il inclut la sous-représentation et/ou l'absence actuelle de la *Faille de Limagne*, ou de sites d'inversion du relief représentatifs comme la *Montagne de la Serre* par exemple. En outre, les évaluations ont **confirmé l'importance scientifique** du bien du patrimoine mondial par les géosites individuels aussi ; elles ont **souligné la vulnérabilité naturelle** (par exemple, stabilité des affleurements, sur-végétation des sites) **et anthropique** (par exemple, érosion des chemins, travaux forestiers non appropriés) des géosites ; **les vigueurs et les faiblesses du géotourisme** (facilités d'interprétation et infrastructure contextuelle).

3. La compilation de **l'inventaire des géosites urbains de *Clermont-Ferrand*** a permis de créer **une base de données des affleurements géologiques et des reliefs** superficielles et visibles par le public. L'évaluation semi-quantitative des géosites urbains a permis d'**identifier leur principale vulnérabilité**: la stabilisation des pentes réduisant l'intégrité scientifique. **Un plan de gestion préliminaire** a abordé les questions de géoconservation de ces sites, ainsi que leur potentiel géotouristique et éducatif, notamment pour les nombreux

affleurements de la coulée de lave Quaternaire de la *Grave Noire* et de la maar du *Clermont-Chamalières* et sa butte de tuf.

4. Une mission de **surveillance mensuelle** basique avec **des images satellites** a été mise en place pour *Dallol* et *Black Mountain* en Éthiopie, la première du genre dans cette région. Les **cartes de risques**, déduites de l'interprétation des processus hydrothermaux, peuvent être utilisées comme des **outils pour améliorer la résilience des visiteurs**. Les **résultats préliminaires de la surveillance** - qui pourraient être précisés et mis dans un plus grand contexte avec des surveillances et des études supplémentaires - **suggèrent** que les **phénomènes géothermiques actifs ont légèrement reculé à Dallol** au cours des trois dernières années, mais que **l'émission de bischofite** (chlorure de magnésium) particuliers à *Black Mountain* **reste constante** (sur des périodes d'observation mensuelles).

5. Un inventaire préliminaire des géosites de *Dallol*, de *Black Mountain* et de certains sites du *nord du Danakil* a été réalisé. Une **évaluation comparative** réalisée par trois méthodes **suggère une importance** scientifique exceptionnelle **au niveau mondial** pour certains sites, tels que les manifestations géothermiques de *Dallol* ou les coulées de bischofite de *Black Mountain*. Cependant, c'est **accompagné par un niveau élevé de vulnérabilité** des sites en raison des processus naturels actifs, du manque total de protection, et des menaces du tourisme et de l'exploitation minière. **Le niveau de résilience** aux risques naturels **est faible, même que le potentiel géotouristique** actuel du site.

6. **L'évaluation comparative** et quantitative **des géosites**, ainsi que l'évaluation multi-perspective de différents indicateurs, **peuvent améliorer l'objectivité** des évaluations, avec de meilleurs résultats pour un accroissement limité des efforts. L'application d'un même groupe d'indicateurs (par exemple, l'importance scientifique) sous plusieurs aspects **peut valider les résultats**, tandis que la structure différente des questions ou les différents indicateurs **peuvent apporter de nouvelles perspectives à l'analyse**.

7. La vulnérabilité et le besoin de protection des géosites sont apparus **dans toutes les méthodes d'évaluation des géosites** utilisées, bien qu'avec des indicateurs et des niveaux différents. Cependant, **les risques associés aux géosites**, qui affectent les éléments exposés (communautés temporaires et permanentes, infrastructure), **ne sont pas actuellement évalués avec des indicateurs** dans le choix de ces méthodes largement utilisées. Bien que de nombreuses lacunes des évaluations des géosites puissent être comblées par une évaluation parallèle et comparative, la niche conceptuelle du risque et de la résilience présentée par cette thèse souligne que la **revaluation et normalisation des méthodes d'évaluation** quantitative (et qualitative) **des géosites devraient être envisagées** dans l'avenir, avec une grande coopération des géoscientifiques et une approche interdisciplinaire.

V Publications liées à la thèse

V/A Articles

VEREB V., VAN WYK DE VRIES B., GUILBAUD M.N., KARÁTSON D. (2020): THE URBAN GEOHERITAGE OF CLERMONT-Ferrand: from inventory to management. *Quaestiones Geographicae* 39(3): 5-31. doi: 10.2478/quageo-2020-0020

VEREB V., VAN WYK DE VRIES B., HAGOS M., KARÁTSON D. (2020): Geoheritage and Resilience of Dallol and the Northern Danakil Depression in Ethiopia. *Geoheritage* 12, 82. doi: 10.1007/s12371-020-00499-8

V/B Résumés des conférences (sélectionnés)

VEREB V., KARÁTSON D., VAN WYK DE VRIES B. (2018) Geoheritage is coming to town: preservation of geological features in an urban environment with the example of geomorphological mapping on Clermont-Ferrand. *Geophysical Research Abstracts* 20: EGU2018-11647

VEREB V., VAN WYK DE VRIES B., BARNIE T., HAGOS M. (2018) Exploiting a volcanic resource: mapping rapid changes at Dallol Volcano, Ethiopia with Planet satellite images and community engagement for risk reduction. *Geophysical Research Abstracts* 20: EGU2018-4447-2

VEREB V., MEIRINHO P., LIMA E., NUNES J.C. (2018) Digitally based monitoring process of geosites in Azores UNESCO Global Geopark: An open-source solution with ODK Collect, XLSForm and Enketo framework. *Abstracts Book, 8th International Conference on UNESCO Global Geoparks*: p. 245.

VEREB V., VAN WYK DE VRIES B., HAGOTS M. (2019) Remote sensing monitoring and geosite assessment of Dallol, Ethiopia. Putting an isolated and deserted area on map with geoheritage and resilience. *Geophysical Research Abstracts* 21: EGU2019-5640

VAN WYK DE VRIES B., VEREB V., KARÁTSÓN D. (2019) Geosite inventories in World Heritage sites: essential for protection and management. *Geophysical Research Abstracts* 21: EGU2019-3604

VEREB V., VAN WYK DE VRIES B. (2019) Urban geosite assessment: the example of Clermont-Ferrand. *Abstracts Book, 15th European Geoparks Conference*: p. 108.

GUILBAUD M.N., VAN WYK DE VRIES B., NÉMETH K., VEREB V., HAGOS M., MANRIQUE N., FERMET-QUINET N., IRAPTA P.N.S., VALLEJO VARGAS S., CORTÉS G.P., NAVARRO M., LEVEN C.L. (2020) UNESCO IGCP project 692. Geoheritage for geohazard resilience: A global geoheritage initiative to share knowledge, raise awareness and communicate about natural hazards. *Oxford Geoheritage Virtual Conference Abstract Volume*: 67-68.

VI Autres publications

KARÁTSÓN D., GERTISSER R., TELBISZ T., VEREB V., QUIDELLEUR X., DRUITT T., NOMIKOU P., KÓSIK SZ. (2018): Towards reconstruction of the lost Late Bronze Age intra-caldera island of Santorini, Greece. *Scientific Reports* 8(1): 1-8. paper: 7026. doi: 10.1038/s41598-018-25301-2

KARÁTSÓN D., TELBISZ T., GERTISSER R., STRASSER T., NOMIKOU P., DRUITT T., VEREB V., QUIDELLEUR X., KÓSIK SZ. (2020) Constraining the landscape of Late Bronze Age Santorini prior to the Minoan eruption: Insights from volcanological, geomorphological and archaeological findings. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. doi: 10.1016/j.jvolgeores.2020.106911

VII Bibliographie sélectionnée

BOIVIN P., BESSON J.C., BRIOT D., DENIEL C., GOURGAUD A., LABAZUY P., DE LAROUZIÈRE F.D., LANGLOIS E., LIVET M., MÉDARD E., MERCIIECCA C., MERGOIL J., MIALLIER D., MOREL J.M., THOURET J.C., VERNET G. (2017) Volcanology of the Chaîne des Puys. Parc Nat. Régional la Chaîne des Puys (Ed.), Cart. Fasc. 6e édition 200pp.

BRILHA J. (2016) Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review. *Geoheritage* 8(2): 119-134. doi: 10.1007/s12371-014-0139-3

DE WEVER, P., ALTERIO, I., EGOROFF, G., CORNÉE, A., BOBROWSKY, P., COLLIN, G., ET AL. (2015) Geoheritage, a National Inventory in France. *Geoheritage* 7: 205-247. doi: 10.1007/s12371-015-0151-2

HOLWERDA J. G., HUTCHINSON R. W. (1968) Potash-bearing evaporites in the Danakil area, Ethiopia. *Economic Geology* 63(2): 124–150. doi: 10.2113/gsecongeo.63.2.124

REYNARD E., BRILHA J. (Eds) (2018) Geoheritage: Assessment, Protection, and Management. Elsevier, Amsterdam, 484 p.

REYNARD E., PERRET A., BUSSARD J., GRANGIER L., MARTIN S. (2016) Integrated approach for the inventory and management of geomorphological heritage at the regional scale. *Geoheritage* 8(1): 43-60. doi.org/10.1007/s12371-015-0153-0

VUJIČIĆ, M. D., VASILJEVIĆ, D. A., MARKOVIĆ, S. B., HOSE, T.A., LUKIĆ, T., HADŽIĆ, O. & JANIĆEVIĆ, S. (2011) Preliminary geosite assessment model (GAM) and its application on Fruška gora mountain, potential geotourism destination of Serbia. *Acta Geographica Slovenica*, 51(2): 361-377.